ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発
（11）多次元ナトリウム燃焼解析コードの熱移行モデル整備

Development of Estimation Technology for Availability of Measure
for Failure of Containment Vessel in Sodium Cooled Fast Reactor
(11) Development of Heat Transport Model in Multi–Dimensional Sodium Combustion Analysis Code

*青柳　光裕[1]，大野　修司[1]，宇埜　正美[2]
[1]原子力機構，[2]福井大学

本研究ではナトリウム冷却高速炉の格納容器へ負荷を与えうるリスクの一つとされるナトリウム漏えい燃焼事象に着目し、ナトリウム燃焼時の熱影響詳細評価手法の開発を行っている。本報では燃焼熱の熱移行に関係する乱流モデルの整備について報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、ナトリウム燃焼、多次元解析

1. 緒言　ナトリウム(Na)冷却高速炉の安全性や信頼性向上を図る上では、様々なリスクに対する評価手法開発が重要である。Na 燃焼事象は格納容器等へ熱負荷や圧力負荷を与えうるリスクの一つであり、その評価手法を整備している。大規模なスプレイ燃焼の発生を仮定すると、局所的な酸欠や浮力による対流等の多次元挙動が格納容器への負荷に影響すると考えられる[1]。そこで本研究では 3 次元熱流動を考慮した Na 燃焼解析コード AQUA-SF[2]を基に、格納容器への熱的負荷の評価等に活用可能な Na 燃焼時の熱影響詳細評価手法の構築を目指している。本報では、雰囲気の熱流動挙動に関わるコード信頼性向上のために実施した乱流モデル整備について報告する。

2. 乱流モデルの評価　AUQA-SF コードに導入されている標準 k-ε モデルを評価するため、実験結果[3, 4]との比較検討を行った。一般に Na 燃焼時には燃焼熱により浮力が発生して自由乱流場が形成されるため、本研究では浮力の影響を伴う加熱噴流実験[3]を解析対象とした。また熱的影響を含まない評価として、等温場での噴流実験[4]の解析も実施した。結果の一例として、図に等温場における解析結果と実験結果[4]を示す。縦軸と横軸は中心線上の速度 U_m と、仮想的な噴流広がり開始位置を原点に補正した x 座標にてそれぞれ無次元化した値である。実験では噴流が扇形に広がり、速度分布は主流方向位置によらず同一形状で相似であったが、解析結果も同じく主流方向位置が変化しても相似形状を保持している。解析結果の分布形状はその半値幅が実験値と比べて 2 割程大きいが、概ね実験結果を再現している。一方で加熱場の解析では実験結果と比べて、熱エネルギーおよび運動量ともに径方向への広がりが過小な傾向が見られた。このことより、乱流場における浮力項の適正化が有効と考えられ、k および ε 方程式の浮力項を中心に解析モデルの見直しを今後実施する予定である。

3. 結論　Na 燃焼時の格納容器への熱影響評価手法の構築を目指し、多次元 Na 燃焼解析コード AQUA-SF の乱流モデルの整備として、既存乱流モデルの課題を抽出した。

謝辞　本研究は文部科学省のエネルギー対策特別会計委託事業による委託業務「ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発」として福井大学および再委託先の JAEA が実施した成果の一部である。

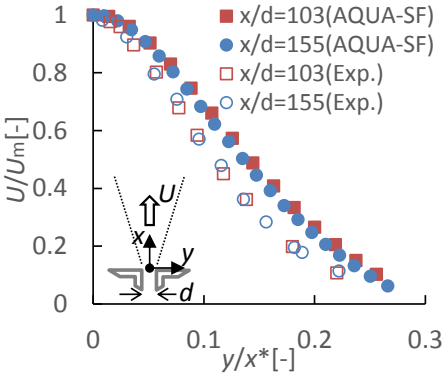


図　等温噴流場における速度分布

参考文献

[1] S. Ohno, et al., ICAPP2013, FF228 (2013)
[2] T. Takata, et al., Nuclear Engineering and Design, 220, pp. 37-50 (2003)
[3] A. Shabbir & W. K. George, J. Fluid. Mech., 275, pp. 1-32 (1994)
[4] G. Heskestad, J. Applied Mech., 32, pp. 721-734 (1965)

*Mitsuhiro Aoyagi[1], Shuji Ohno [1] and Masayoshi Uno [2]
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]University of Fukui